

10/544291

JC09 Rec'd PCT/PTO 04 AUG 2005

PATENT
Docket No. 32860-000908/US

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Herbert BRUDER et al.
Int'l Application No.: PCT/EP2004/000754
Application No.: **NEW APPLICATION**
Filed: August 4, 2005
For: VOC-DRIVEN SPIRAL RECONSTRUCTION FOR CONE-BEAM COMPUTER TOMOGRAPHY

LETTER

Customer Service Window
Randolph Building
401 Dulany Street
Alexandria, VA 22314
Mail Stop **PCT**

August 4, 2005

Sir:

Amended sheets are attached hereto (which correspond to Article 34 amendments or to claims attached to the International Preliminary Examination Report), as required by 35 U.S.C. § 371(c)(3). The Article 34 amended sheets are incorporated in the included substitute specification and Preliminary Amendment.

Respectfully submitted,

HARNESS, DICKEY & PIERCE, P.L.C.

By: 
Donald J. Daley, Reg. No. 34,313

DJD:smk

P.O. Box 8910
Reston, Virginia 20195
(703) 668-8000

PCT/EP2004/000754'
2002P13580WOUS

- 16 -

Patent claims

1. A method for generating images in computed tomography with the aid of a 3D image reconstruction method including at least the following method steps:
 - 1.1. in order to scan an examination object with the aid of a conical beam emanating from a focus and the aid of a planar, preferably multirow, detector for detecting the beam, the focus is moved on a spiral focal track about the examination object, the detector supplying output data, that correspond to the detected radiation, and
 - 1.2. image voxels from the scanned examination object are reconstructed from the possibly preprocessed output data and reproduce the attenuation coefficients of the respective voxel,
 - 1.3. each image voxel being reconstructed separately from projection data that comprise a projection angular range of at least 180° , and
 - 1.4. an approximate weighting taking place for each voxel considered in order to normalize the projection data used relating to the voxel.
2. The method as claimed in the preceding patent claim 1, characterized in that in order to reconstruct an image voxel (V), use is made of all the detector data along a straight line that runs through the cone beam projection of the image voxel (V) and is aligned in the direction of the projection (\vec{l}) of the spiral tangent (S_t).
3. The method as claimed in one of the preceding patent claims 1 to 2, characterized in that the image data of the detector image are subjected to a cosine weighting for compensating oblique radiation.

4. The method as claimed in one of the preceding patent claims 1 to 3, characterized in that data

not directly available are obtained from the available data by interpolation from neighboring detector data (detector pixel values).

5. The method as claimed in one of the preceding patent claims 1 to 4, characterized in that during the weighting for compensating the data redundancy (normalization) two measuring beams (S_a , S_b) are regarded as redundant precisely when it holds that: ($\theta_a = (2k \cdot \pi + \theta_b$ and $p_a = p_b$) or ($\theta_a = (2k + 1) \cdot \pi + \theta_b$ and $p_a = -p_b$), where k represents an arbitrary natural number, θ represents the projection angle, and p represents the distance from the z -axis.
6. The method as claimed in the preceding patent claim 5, characterized in that the redundant data are multiplied by generalized Parker weights.
7. The method as claimed in one of the preceding patent claims 1 to 6, characterized in that a ramp filter that is manipulated with the aid of a smoothing window is applied to the normalized data.
8. The method as claimed in one of the preceding patent claims 1 to 7, characterized in that a distance weighting is performed for the purpose of 3D back projection into the voxel considered.
9. The method as claimed in one of the preceding patent claims 1 to 8, characterized in that it is used for cardiac computer tomography by selecting, weighting or sorting the measured data in accordance with the movement phases of an examined heart.

10. A CT unit for scanning an examination object with the aid
of a beam emanating from at least one focus

and with the aid of a detector array that is of planar design and has a multiplicity of distributed detector elements for detecting the rays of the beam, the at least one focus being movable relative to the examination object on at least one focal track that runs around the examination object and a detector array situated opposite, at least means for collecting detector data, filtering and 3D back projection being provided, and the means for processing the measured data being fashioned in such a way that the method as claimed in one of claims 1 to 9 can be carried out.

11. Computer program product running on a CT unit as claimed in claim 10, characterized in that the computer program product includes program elements that during operation execute the method as claimed in one of claims 1 to 9.

Cited literature:

- [1] M. Kachelrieß, S. Schaller, and W. A. Kalender, "Advanced single-slice rebinning in cone-beam spiral CT", Med. Phys. 27 (2000) 754-772
- [2] S. Schaller, K. Stierstorfer, H. Bruder, K. Kachelrieß, and T. Flohr, "Novel approximate approach for high-quality image reconstruction in helical cone beam CT at arbitrary pitch", Proceedings SPIE 4322 (2001) 113-127
- [3] K. Stierstorfer, T. Flohr, H. Bruder, "Segmented Multiple Plane Reconstruction - A Novel Approximate Reconstruction Scheme for Multislice Spiral CT", Institute of Physics Publishing, Physics in Medicine and Biology, Phys. Med. Biol. 47 (2002) 2571 - 2581.
- [4] Laid-Open Patent Application DE 101 58 927 A1.
- [5] K. Sourbelle, IMP, Erlangen University, Dissertation, Date of Examination March 25, 2002, pages 33 - 37.
- [6] Avinash C. Kak, and Malcolm Slaney, Principles of Computerized Tomographic Imaging", IEEE Press, New York, 1987, pp. 49 - 112.
- [7] K. Sourbelle, H. Kudo, G. Lauritsch, K. C. Tam, M. Defrise, and F. Noo, "Performance Evaluation of Exact Cone-Beam Algorithms for the Long-Object Problem in Spiral Computed tomography", Proceedings of Intern. Meeting on Fully 3-D Image Reconstruction in Radiology and Nuclear Medicine, Pacific Grove, CA, USA, 10/30-11/2/2001, pp. 153-156.

and with the aid of a detector array that is of planar design and has a multiplicity of distributed detector elements for detecting the rays of the beam, the at least one focus being movable relative to the examination object on at least one focal track that runs around the examination object and a detector array situated opposite, at least means for collecting detector data, filtering and 3D back projection being provided, and the means for processing the measured data being fashioned in such a way that the method as claimed in one of claims 1 to 9 can be carried out.

11. Computer program product for a CT unit as claimed in claim 10, characterized in that the computer program product includes program elements that during operation execute the method as claimed in one of claims 1 to 9.

PCT/EP2004/000754

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Bildern in der Computertomographie mit einem 3D-Bildrekonstruktionsverfahren
5 beinhaltend zumindest die folgenden Verfahrensschritte:
 - 1.1. zur Abtastung eines Untersuchungsobjekts mit einem von einem Fokus ausgehenden konusförmigen Strahlenbündel und mit einem flächigen, vorzugsweise vielzeiligen, Detektor zum Detektieren des Strahlenbündels wird der Fokus auf
10 einer spiralförmigen Fokusbahn um das Untersuchungsobjekt bewegt, wobei der Detektor Ausgangsdaten liefert, die der detektierten Strahlung entsprechen, und
 - 1.2. aus den, gegebenenfalls vorbehandelten, Ausgangsdaten Bildvoxel aus dem abgetasteten Untersuchungsobjekt re-
15 konstruiert werden, welche den Schwächungskoeffizienten des jeweiligen Voxels wiedergeben, wobei
 - 1.3. jedes Bildvoxel separat aus Projektionsdaten rekonstruiert wird, die einen Projektionswinkelbereich von mindestens 180° umfassen, und
 - 20 1.4. je betrachtetem Voxel eine approximative Gewichtung zur Normierung der verwendeten Projektionsdaten über das Voxel stattfindet.
2. Verfahren gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 1,
25 dadurch gekennzeichnet, dass zur Rekonstruktion eines Bildvoxels (V) alle Detektordaten entlang einer Geraden verwendet werden, die durch die Kegelstrahlprojektion des Bildvoxels (V) verläuft und in Richtung der Projektion (\vec{r}) der Spiraltangente (S_t) gerichtet ist.
30
3. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bilddaten des Detektorbildes zur Kompensation von Schrägeinstrahlung einer Kosinus-Gewichtung unterzogen werden.
35
4. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass

PCT/EP2004/000754

nicht direkt vorhandene Daten aus den vorhandenen Daten durch Interpolation aus benachbarten Detektordaten (Detektorpixelwerten) gewonnen werden.

- 5 5. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Gewichtung zur Kompensation der Datenredundanzen (Normierung) zwei Messstrahlen (S_a , S_b) genau dann als redundant angesehen werden, wenn gilt: ($\theta_a = 2k \cdot \pi + \theta_b$ und $p_a = p_b$) oder
- 10 ($\theta_a = (2k+1) \cdot \pi + \theta_b$ und $p_a = -p_b$), wobei
 k eine beliebige natürliche Zahl,
 θ den Projektionswinkel und
 p den Abstand zur z-Achse darstellt.
- 15 6. Verfahren gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die redundanten Daten mit verallgemeinerten Parker-Gewichten multipliziert werden.
- 20 7. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass auf die normierten Daten ein Rampen-Filter angewendet wird, das mit einem Glättungsfenster manipuliert wird.
- 25 8. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur 3D-Rückprojektion in das betrachtete Voxel eine Abstandsgewichtung erfolgt.
- 30 9. Verfahren gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass es für die Cardio-Computertomographie eingesetzt wird, indem die Messdaten entsprechend den Bewegungsphasen eines untersuchten Herzens selektiert, gewichtet oder sortiert werden.
- 35 10. CT-Gerät zur Abtastung eines Untersuchungsobjekts mit einem von mindestens einem Fokus ausgehenden Strahlenbündel

PCT/EP2004/000754

und mit einem flächig ausgebildeten Detektorarray mit einer Vielzahl von verteilten Detektorelementen zum Detektieren der Strahlen des Strahlenbündels, wobei der mindestens eine Fokus relativ zu dem Untersuchungsobjekt auf mindestens einer das Untersuchungsobjekt umlaufenden Fokusbahn mit gegenüberliegendem Detektorarray bewegbar ist, wobei zumindest Mittel zur Sammlung von Detektordaten, Filterung und 3D-Rückprojektion vorgesehen sind und die Mittel zur Bearbeitung der Messdaten derart gestaltet sind, dass das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 durchführbar ist.

11. Computer-Programm-Produkt Ablauf auf einem CT-Gerät gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Computer-Programm-Produkt Programmelemente enthält, die im Betrieb das Verfahren gemäß einer der Ansprüche 1 bis 9 ausführen.

Zitierte Literatur:

- [1] M. Kachelrieß, S. Schaller, and W. A. Kalender, "Advanced single-slice rebinning in cone-beam spiral CT", Med. Phys. 27 (2000) 754-772
- [2] S. Schaller, K. Stierstorfer, H. Bruder, M. Kachelrieß, and T. Flohr, "Novel approximate approach for high-quality image reconstruction in helical cone beam CT at arbitrary pitch", Proceedings SPIE 4322 (2001) 113-127
- [3] K. Stierstorfer, T. Flohr, H. Bruder, "Segmented Multiple Plane Reconstruction - A Novel Approximate Reconstruction Scheme for Multislice Spiral CT", Institute of Physics Publishing, Physics In Medicine And Biology, Phys. Med. Biol. 47 (2002) 2571-2581
- [4] Offenlegungsschrift DE 101 59 927 A1
- [5] K. Sourbelle, IMP, Universität Erlangen, Dissertation, Prüfungsdatum 25. März 2002, Seiten 33 - 37
- [6] Avinash C. Kak, and Malcolm Slaney, *Principles of Computerized Tomographic Imaging*, IEEE Press, New York, 1987, pp.49-112
- [7] K. Sourbelle, H. Kudo, G. Lauritsch, K. C. Tam, M. De-frise, and F. Noo, "Performance Evaluation of Exact Cone-Beam Algorithms for the Long-Object Problem in Spiral Computed Tomography", Proceedings of Intern. Meeting on Fully 3-D Image Reconstruction in Radiology and Nuclear Medicine, Pacific Grove, CA, USA, 10/30-11/2/2001, pp. 153-156

und mit einem flächig ausgebildeten Detektorarray mit einer Vielzahl von verteilten Detektorelementen zum Detektieren der Strahlen des Strahlenbündels, wobei der mindestens eine Fokus relativ zu dem Untersuchungsobjekt auf mindestens einer das
5 Untersuchungsobjekt umlaufenden Fokusbahn mit gegenüberliegendem Detektorarray bewegbar ist, wobei zumindest Mittel zur Sammlung von Detektordaten, Filterung und 3D-Rückprojektion vorgesehen sind und die Mittel zur Bearbeitung der Messdaten derart gestaltet sind, dass das Verfahren gemäß einem der An-
10 sprüche 1 bis 9 durchführbar ist.

11. Computer-Programm-Produkt für ein CT-Gerät gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Computer-Programm-Produkt Programmelemente enthält, die im Betrieb
15 das Verfahren gemäß einer der Ansprüche 1 bis 9 ausführen.